

## 地学教育におけるエネルギー概念の統一的指導<sup>1)</sup>

藤 則 雄<sup>2)</sup>・宮 下 勲<sup>3)</sup>・井 村 嘉 清<sup>3)</sup>  
 谷 村 修 次<sup>3)</sup>・平 田 豊 和<sup>1)</sup>・金 岡 直 美<sup>1)</sup>  
 関 戸 信 次<sup>5)</sup>・小 島 和 夫<sup>6)</sup>・佐 藤 政 俊<sup>7)</sup>  
 小 西 優<sup>8)</sup>・竹 守 熙<sup>9)</sup>・森 田 昌 子<sup>10)</sup>

### 緒 言

地学的事象を認識するには、全地球的な立場でものを見る必要がある。とりわけ、エネルギー概念の指導にあたっては、この立場を無視することはできない。

昭和48年度より実施される高等学校指導要領では、「地学Ⅰ」の内容の取り扱いに、宇宙における地球の環境・地球における変化とエネルギー・地球と宇宙の進化を大きな筋立てとして、全地球的な立場で扱うよう示されているのも、この点を重要視したからである。

現行の地学の指導にあたっても、エネルギー概念を、決して取り入れていないわけではない。しかし、「堆積岩」の単元を指導するとき、火成岩や変成岩が地球内部に由来するエネルギーによってつくられるのに対して、堆積岩は地球表面に与えられる外的エネルギーによるものであり、外的エネルギーの大部分は太陽放射エネルギーであり、太陽放射が気圏や水圏で大気や水を循環させるエネルギーとなり、それらのサイクルを通して、堆積岩が形成されていくことを認識させるべきである。

また、「地殻の変動」を扱う場合、われわれ人間の感覚では経験できない変動でも、長い時間的経過の中で、地球内部に起因をもつエネルギーの問題を除外して、認識させないことはいうまでもない。

現行の地学の指導において、地学的事象を歴史的、総合的に見る指導のねらいはあったとしても、教室での実践の中で、どのように取り入れ、どのような教材で、どのように導くかの試案はあまりにも少ない。そして、ややもすれば、表面的に、地学的事象の基本的事実や原理だけを解説して、地学教育としてはいないだろうか。

以上のような意味において、表題のようなテーマを設定し、高校地学の指導の基本となるべき小学校・中学校の地学分野の学習内容を検討し、数回の討議と授業面での活用をもとに、試案を編みだした。これら試案が、実際の授業においてどうであるかについても、教師の実践を通して検討してみた。

この論文は、高校地学の主要な単元である「エネルギー概念」を、教材の1つにとって、個別的、断片的になされていた授業を、統一的に、総合的に、各単元間の有機的なつながりをもたせるよう検討した試案の一例である。この研究は、今後の研究のための preliminary report の1つである。

この論文を報告するにあたり、いろいろと御援助をえた金沢大学教育学部の神力甚一郎教授・加納心治教授・水越敏行助教授、金沢大学教育学部附属中学校の理科担当教官、石川県立理科教育センター地学研究室の各位に、心からの感謝の意を表する。

1: Contribution from the Institute of Earth Science, Faculty of Education, Kanazawa University, New Series No. 26

2: 金沢大学教育学部地学教室, 3: 金沢大学教育学部附属小学校, 4: 金沢大学教育学部附属中学校,

5: 石川県立理科教育センター地学研究室, 6: 石川県立向陽高校, 7: 石川県立錦丘高校, 8: 石川県立二水高校, 9: 石川県立泉丘高校, 10: 石川県立小松高校

この研究の一部は文部省の昭和45～46年度科学研究費（代表者：神力甚一郎）によった。

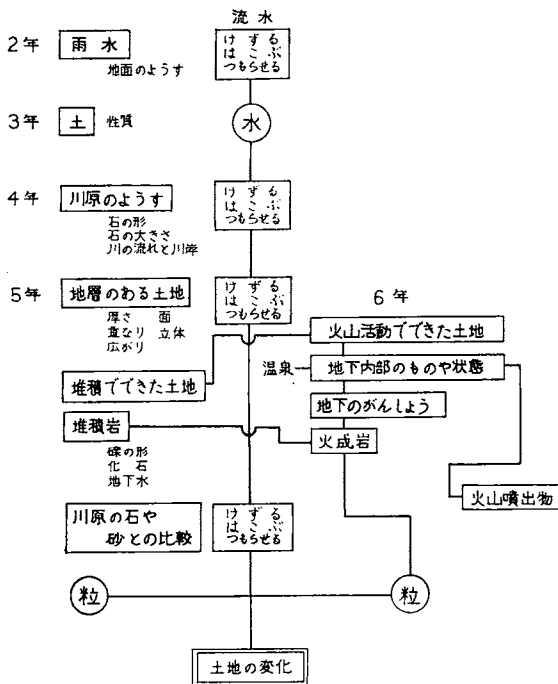
## I. 小学校・中学校地学教材におけるエネルギー概念指導の位置

### 1 小学校理科学習

#### (a) 「地球と宇宙」の領域

新指導要領では、「天体とその動き」・「気象とその変化」・「土地とその変化」の3つの領域の内容が統一されて「天体と宇宙」とよばれるようになった。これは、従来のともすると、単なる内容の寄せ集めであったものとはちがって、太陽とそのあたため方による空気・水・土のあたためり方の変化や降水による流水の働きの現象を、相互に関係づけて把握させる意図をもっている。つまり、変化する土・岩石の形は、変化させる流水の速さや量に関係し、それは降水現象によっておこるものであることから、太陽エネルギーに結びつけ、統一的に認識させていくように構成されている。

第1図 小学校における地学の学年別系統図



学年別系統 (小学校)

#### (b) 地学学習内容の学年別系統

各学年での学習内容を系統図にまとめると、第1図のように考えられる。

さらに、表中からエネルギー概念の指導との関連で重要な項は流水の働き、地球内部の力（もちあげる力、地層がまがる、地層のかたがり）堆積岩のでき方であろう。

系統図の流れの中心である流水——土地の変化をもとにして、エネルギー概念の指導の系統を図であらわしたのが第2図である。

### 2 中学校理科学習におけるエネルギー概念を中心とした地学教材の領域

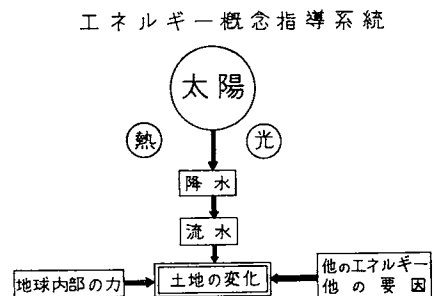
#### 1年：(a) 自然とその中の生物

生物の生活環境としての地球を、太陽放射との関連において、導入的な概念として扱う。

#### (b) 地球をとりまく宇宙

太陽放射と地球との関連。太陽は光のエネルギーを放出している。このエネルギーが太陽から放出されて、地球上で、どのように量的にも、質的にも変化してゆくものであるかをとらえる。

第2図 エネルギー概念の指導系統図



#### 2年：(a) 大気とその中の水の循環

・地表における水の循環と太陽放射エネルギーとの関係

・水の蒸発と凝結——エネルギーの出入りの問題、太陽の放射エネルギーのいろいろの使われ方の違い。

#### (b) 流水の働きと地層

・流水の働きと地表の変化——流水のもつエネルギー、つまり太陽放射エネルギーによ

って地殻の構成物質が変化する——風化作用。

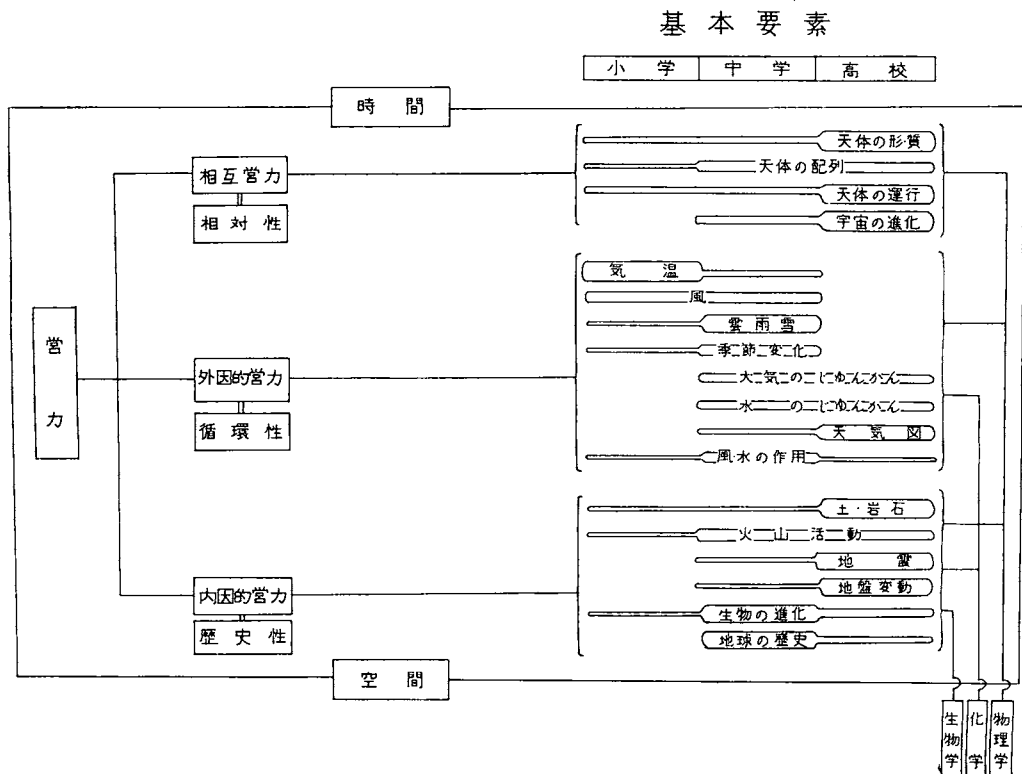
- 地層のつくりと堆積岩——太陽放射エネルギーとしての風化作用の結果できた碎屑物が流水で運搬されて、地層ができる。つまり、地層——堆積岩は太陽放射エネルギーの生産物である。

3年：地殻の変化と地層の歴史

- 火山活動とマグマの性質（内因的営力）。
- マグマの活動と火成岩の特徴。
- 地震

◦地殻変動（内因的営力）と地表の歴史・火山活動の実態をとおして、マグマの存在や火成岩との関連性、地球内部の膨大なエネルギー・地震現象を考察させる。また、火山・地震以外にも、地層の褶曲・隆起運動というような、地球内部のエネルギーによる地殻変動のあることを学習する。そして、地表の歴史というのは、太陽放射エネルギーによって代表される外因的営力と内因的営力との葛藤の所産である。

第3図 地学教材の構造図



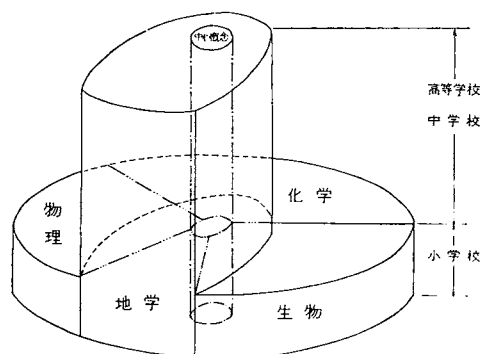
## II. 高校におけるエネルギー概念指導の必要性

高校での地学は、第1学年において履修されている。この段階では、生徒は地学的事象をエネルギー的な認識の上でとらえてはいないようである。生徒達のほとんどは、不動の大地、変化のない雲という認識を一步もでていないのが現状である。

このような思考水準の生徒を、総合的・統一的に地学事象を理解できるようにし、エネルギー概念をグローバルな形でとらえることのできるようにするには、どのような指導を必要とするのだろうか。

広島大学教育学部附属高校の恩藤知典のことはをかりれば、「変化をエネルギーと関連づけて理解させるには、まず動的な自然観察が必要

第4図 地学の領域と関連学科との構造図



であり、静的な一つの白い塊にしか見えない積雲から、実感としてエネルギーを考える生徒は何人いるのだろうか」と。

そして彼は、フィルムにとられた微速度撮影された積雲を生徒に見せることによって雲の渦動は、水蒸気が雲粒になるときに放出したエネルギーによって、いっそう強められているのではないかという仮説を生徒から得て、それを指導の導入につかっている。

このような観点から、われわれはここに、か

なり意図的な形で地学におけるエネルギー概念指導のすすめ方を検討してみた。とくに前述のような現状にたってみた場合、エネルギー的見方、考え方を意図的に1つの流れの上のせて指導するの必要を感じたからである。

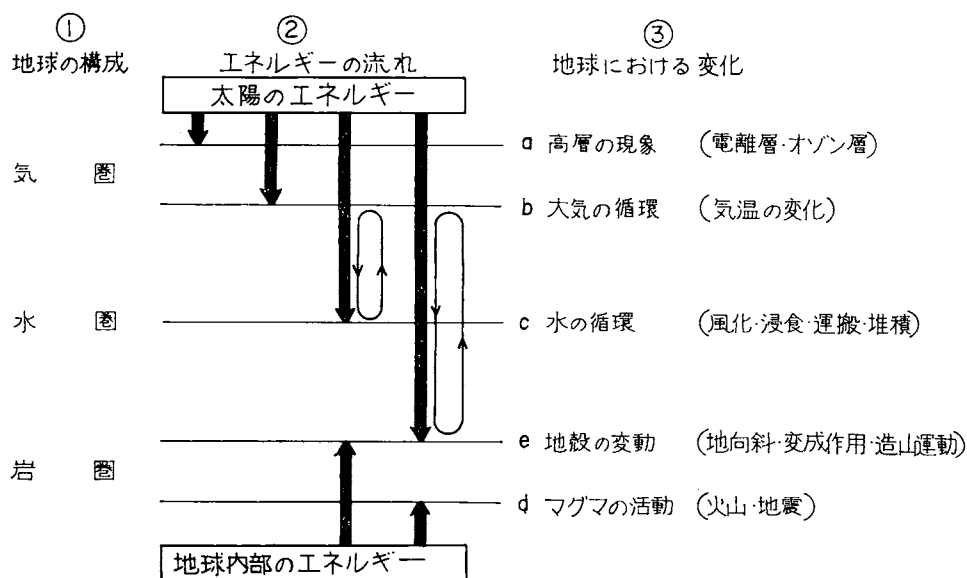
### III. 高校におけるエネルギー概念指導 単元の構造図について

エネルギー概念の指導にあたって、その指導の体系を図式化することを試みてみた。エネルギーの流れを一本の柱として（新指導要領地学Ⅰの「地球における変化とエネルギー」参照）エネルギーの供給、収支、変化にともなって生ずる地球上の種々の事象の内容をエネルギーの流れの上に配分して、その関係を明示するために次の構造図を考えた。

内容を大別して「地球の構成」「エネルギーの流れ」「地球における変化」とし、「地球の構成」では地球の層状構造をもとにした。「エネルギーの流れ」では横実線で上部から成層圏以上の領域、対流圏の領域、陸水、海洋の支配領域、地殻、マントル、核の領域を表現し、そ

第5図 地学におけるエネルギー単元構造図

#### <エネルギー単元構造図>



これらの領域に対して太陽放射のエネルギーが上部から、地球内部のエネルギーは下部からはたらき、そのはたらきかけの範囲およびエネルギーの流れを矢印で示した。エネルギーが2つ以上の領域にわたって作用し、相互間に物質（水、大気など）エネルギーの循環や転換が行なわれているものには循環をあらわす渦を記入した。

さらに「地球における変化」ではエネルギーの供給にともなって生ずる地学的事象を付記した。

#### 指導展開の例

指導の流れは単元構造図にもとづいて基本的には、①—③—②—④とした。また生徒の能力、設備などによって指導者の方でいく分その順序が変更されても差しつかえない。指導実践にあたっては生徒を思考の場に立たせ、生徒自身がデータ・情報の解釈、検証から結論への糸口を発見していく過程に重点をおいた。

### IV. エネルギー概念指導の試み

#### A：高層における太陽放射のおよぼす影響

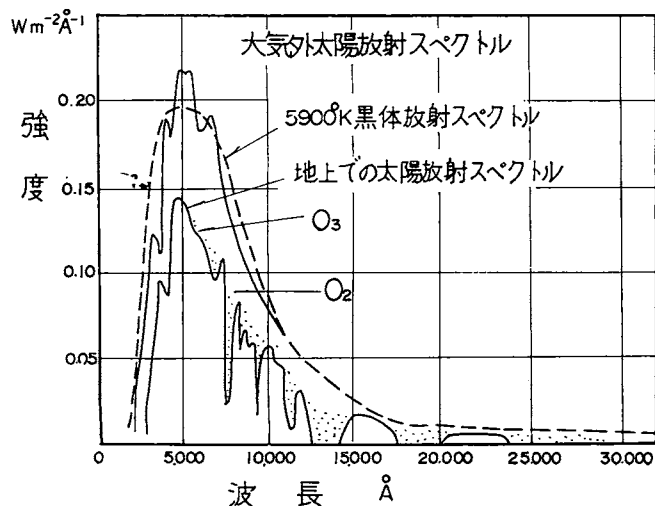
（紫外放射とオゾン層）

##### I 指導のねらい

資料によりその見方・解釈・推定への過程を経る。

数個の資料によって、高温層のできる原因をオゾンの紫外吸収によることを推論する。

第7図 太陽放射スペクトル



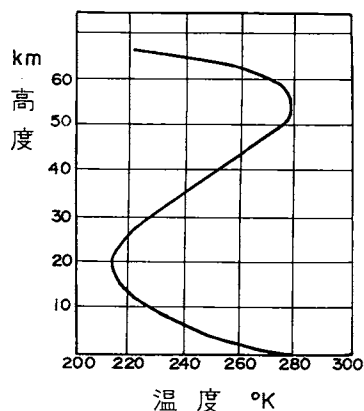
### II 展開の例

前時または宿題としてオゾンのできかた、働きを調べておく。

1 導入として、高層の気温の状態をどのように考えているかを知る。

質問1 山へ登ると気温が低くなり、上空の雲が氷晶からできていることなどから高層の気温はどのようにになっていると思うか。

第6図 大気圏における高度と温度との関係図



2 第6図を示し、質問1からでた答と比較する。対流圏、成層圏下部で徐々に気温が下がるが、20kmぐらいから上がりだし、60kmぐらいから再び下がることに気付かせる。

質問2 なぜ高温層ができるのだろうか。この20~30kmぐらいの高温の部分を高温層と呼ぶことを教える。

質問2は討議として意見を出させる。そして以下の質問への目的をはっきりさせる。

3 第7図を示し、図を見て何か気付くことがないかを討議させる。

第7図により太陽スペクトルが吸収されることを知る。

討議の着眼

- ・地上での太陽放射スペクトルが滑らかでない。
- ・大気外スペクトルと地上スペクトルの比較など。

(1), (2), (3)はそれぞれ3枚別の図として, OHPで適宜重ね合わせるようにする。(3)はプリントにして生徒に配付する。

質問3 太陽放射を波長の領域により赤外線, 可視光線, 紫外線, X線,  $\gamma$ 線に分け, それぞれの領域の強さを比較する。

注 赤外線	1mm~7700Å
可視光線	7700~4000Å
紫外線	4000~100Å
X線	100~0.01Å
$\gamma$ 線	1Å以下

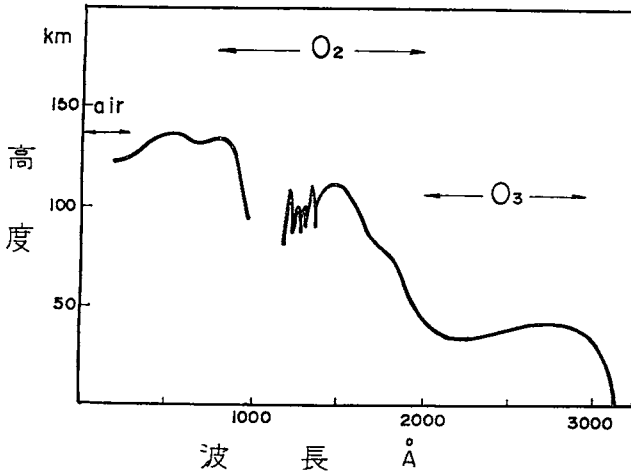
太陽放射スペクトルの最も強いところは何の領域か。

。オゾンのできかた, および働きを生徒に確認する。

質問4 オゾンの吸収部は何の領域になるか。

4 第8図を示す

第8図 紫外線透過高度分布

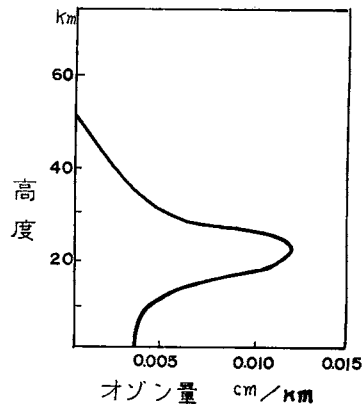


質問5 紫外線の吸収高度の最大は何kmぐらいか。

質問6 オゾンの最も吸収しやすい波長と吸収高度の関係を知り, オゾンの紫外線吸収高度と高温層の間に何か関係がないかを考えよ。

質問7 オゾンの紫外線吸収高度と第9図のオゾンの最大分布高度は一致しないが, これは何故か。

第9図 オゾンの垂直



単位注

横軸は各高度におけるオゾン量で, 厚さ約1kmの気層中にふくまれているオゾン量を標準の気圧・気温にした場合の厚さをcmであらわす。

### III 結果とその検討

最初に, 大気の層状構造を, 「高層における太陽放射のおよぼす影響」を参考にして, 気温・気体原子・分子の電離状態などから, OHPを使用して分類させる。ただし, 指導のねらいを, 高温層のできる原因が, オゾンの紫外線吸収によるという推論より, 大気圏の層状構造を理解することにねらいをおく。

この後に, 太陽放射のエネルギーと, 地表における熱収支について, 次の図をOHPによって説明する。

(1) 太陽から地球へ投射(短波放)されるエネルギー総量を100とした

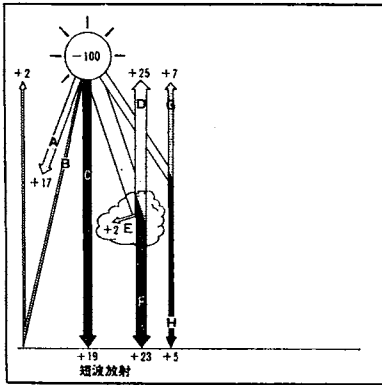
場合, 大気と地表の熱収支はどのようなものか図解したもの。

(2) 地表面からの長波放射について, その消費割合を示したTPを重ね時の投影画面。それぞれ単独投影してからこの重ね合せを行なう。

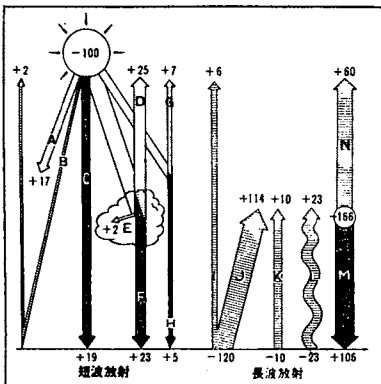
(3) 地表面・大気中・大気上限における, 放射収支の割合が色別で示されており, 生徒が放射収支の計算を行なってから重ね合せ(一橋出版

TPより)。

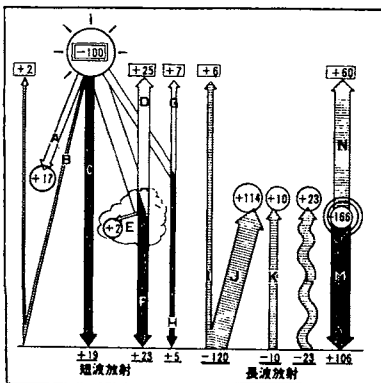
第10図 太陽放射エネルギーの熱収支図  
(1) (一橋出版より)



第11図 太陽放射エネルギーの熱収支図  
(2) (一橋出版より)



第12図 地表面・大気中・大気上限における放射エネルギーの収支図  
(一橋出版より)



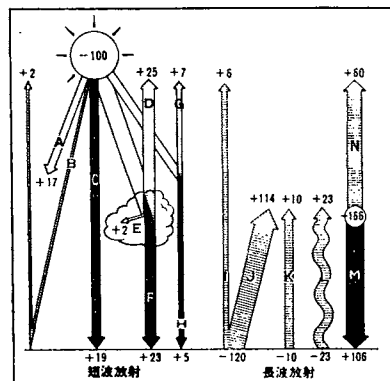
- A :  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  による吸収
- B : 地表面の反射
- C : 直射日光の地表面の吸収
- D : 雲からの反射
- E : 雲の吸収
- F : 雲からの反射光の地表面の吸収
- G : 空気分子による乱反射
- H : 散乱光の地表の吸収
- I : 地表面からの放射で大気外へ
- J : 地表面からの放射で大気中に吸収
- K : 熱伝導による大気吸収
- L : 蒸発潜熱の大気吸収
- M : 大気への逆放射
- N : 大気圏外への長波放射

大気と地表の熱収支を理解することによって、太陽から地表におよぼすエネルギーの流れを知り、自然界のエネルギー平衡を感得させる。

以上の授業を、大気圏の層状構造(2時間)、大気と地表の熱収支(1時間)として行ない、期末に試験を行なった。ただし、1クラスだけ、進捗の関係で、講義式に各地学的事象を説明し、3時間を2時間で行なわざるを得なかった。そこで、この1クラスと、他の1クラスの試験結果を比較してみる。

〔問題〕第13図は、大気と地表の熱収支を示したものである。

第13図 大気と地表の熱収支図  
(一橋出版より)



(1) 次の□に適当な数字を入れなさい。

大気における熱の出入

吸収□  $\left\{ \begin{array}{l} \text{長波放射の吸収} \square \\ \text{蒸発熱の吸収} \square 23 \\ \text{伝導による吸収} \square 10 \\ \text{大気放射の吸収} \square + \square \end{array} \right.$

放出□  $\left\{ \begin{array}{l} \text{長波放射} \\ \text{大気圏外への長波放射} \square \end{array} \right.$

(2) (1)から判断して、推論できることを書きなさい。

(3) 火山の大爆発、対流圏または成層圏における核爆発、排気ガスの増加、石油の海洋汚染が太陽放射と地球放射にどのように影響するかを考えてみなさい。

〔試験結果〕 全クラス 7

大気の層状構造・大気と地表の熱収支・探求的指導を3時間行なった6クラスの中で、意見のもっともよくでるAクラス1つと、講義的指導2時間のBクラスを比較してみた。

第1表 試験の結果

	最高点	最低点	平均点	満点数
A	30	6	22.7	18人/46
B	30	3	18.1	10人/45

(30点満点)

以上の結果は、あらかじめ、十分な計画を立てて行なったものではない。偶然の結果から、いろいろ考えたものである。正確な資料とは言えない。しかし、エネルギーの流れをふまえて、探求的な指導法を取り入れることが、少なくとも生徒に定着したように感ぜられる。

とくに、問題の(1)、(2)、(3)と推論してゆくことが非常によく、(3)まで正解したものが多く、満点の人数に差があらわれている。

これから、大気の大循環、海流、水の循環へと展開したが、生徒の理解も非常によかった。

## B：大気の循環気温の変化について

### I 指導のねらい

気象单元の中でも大気の大循環は中心的テーマであるが、この大気の大循環を理解する過程でエネルギー概念を認識させることを目的とし

た。以下の展開例は太陽エネルギーと地球の受熱量の間の関係を考察させ、大気の大循環を推論させる導入部である。

### II 展開の例

OHPによって第14図を示す。生徒にはプリントを与えておく。

質問1 第14図に太陽が地平線より上にあって見ることの出来る範囲を赤色、地平線下で見ることのできない範囲を青色にぬれ(日の出・日の入曲線を境に中央部が夜、上部・下部が昼であることが色区分してあればよい)。

質問2 一日中太陽の没することのないのは何月何日から何月何日頃までか。(日の出・日の入曲線から11月21日頃から1月24日頃までと推定出来る。)

質問3 一日中太陽が現れないのはおよそ何月何日から何月何日頃までか。(日の出・日の入曲線から5月23日頃から7月20日頃と推定できる。)

質問4 この観測地点のプリンス・ハロルド・コントとはどこか。次の地点から選べ。

北極、北緯70°、北緯30°、赤道、南緯30°、南緯70°、南極(太陽の高度が最も高い時は12月20日頃で40°~50°の高度であることから、南半球で極からの角距離が約20°位の地点と考えられる。)

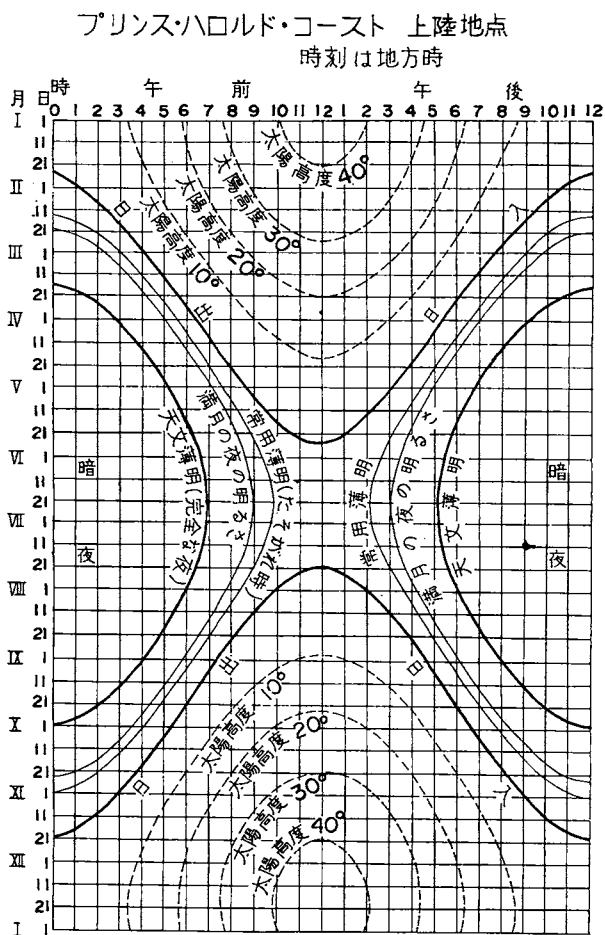
OHPによって第15図を示す。

質問5 最暖月は何月か。最寒月は何月か。(最暖月は1月。最寒月は9月。)

質問6 日照時間と日較差との関係はどうか。(日照時間が最長なのは、太陽が1日中没しない12月、1月であるが、それに対して日較差が最大となるのは日照時間が最長となる12月1月の前後の10月、11月、12月、2月である。このように日照時間の長短と気温の高低と関係がある。しかし日照時間の長短と日較差の大小が完全に一致しないのは12月、1月は太陽が一日中没しないので日較差は小さくなり、その前後の11月や2月では太陽が地平線下に没する時があるので日較差が最大となる。)



第14図 南緯70°地点における月日と太陽高度との関係図



質問7 日照時間と気温の関係はどうか。

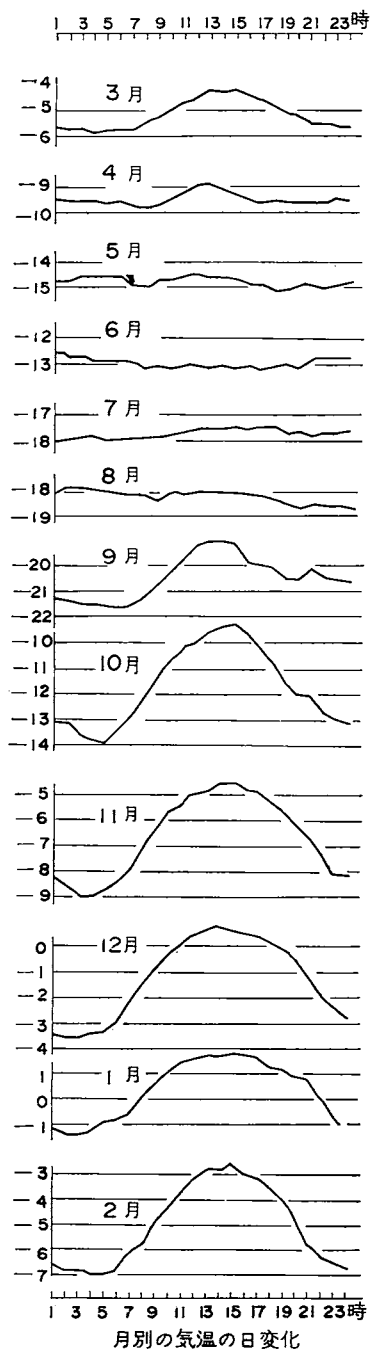
(日照時間最長の12月、1月に対して最高気温の月が1月と後にずれている。このずれは12月、1月には太陽が日没しないので太陽からの受熱量が放熱より多く、そのために次第にエネルギーが貯えられることが理解出来ればよい。)

質問8 5, 6, 7, 8月は一日のうちで最高気温と最低気温の時刻がはっきりしない。それはなぜか。

(太陽が地平線下でこの観測地点では受熱量が0で放熱だけが行なわれるので、一日中ほぼ一定の気温となる。)

質問9 観測点で太陽のエネルギー(E)を最も多く受けるのはどんな場合か。

第15図 月別の気温の日変化  
(縦軸は摂氏度)



(太陽高度が高い場合、太陽光線と地平面とのなす角が垂直の場合最大となる。)

質問10 太陽の高度(h)と受熱量(e)と

の関係を式で表わしてみよ。

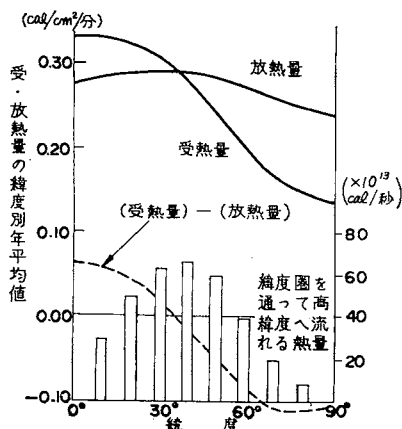
$$(e = E \cdot \sin h \quad h = 0^\circ \text{の時最小} \\ h = 90^\circ \text{の時最大})$$

質問11 太陽光線が赤道面と平行な時、緯度( $\varphi$ )と受熱量の関係を式で表わしてみよ。

$$(e = E \cdot \cos \varphi \quad \varphi = 0^\circ \text{の時最大} \\ \varphi = 90^\circ \text{の時最小})$$

OHPによって第16図を示す。

第16図 受・放熱量の緯度別年平均値



質問12 緯度によって太陽からの受熱量が異なるが、そのエネルギーはどのように移動するか。

。陸や海等地球の表面から水が水蒸気となって蒸発することによって気化熱として使われ、雨となり、さらに地表水、地下水等となって風化、浸食、運搬等のいろいろな作用のエネルギー源となる。

。地球上の空気を熱して対流を起し、種々の大気中の現象のエネルギー源となったり、さらに大気の大循環を起して他の緯度にエネルギーを運ぶ。

。海水から暖められ、海流によって他の緯度にエネルギーが運ばれる。

以上のような種々雑多な意見が述べられればそれについて話し合いをさせる。

### III 整 理

太陽のエネルギーと地球の太陽からの受熱量の関係は主に太陽光線と地表面とのなす角度によって異なる。そこで、地球上では緯度によ

って太陽からの受熱量が異なることになる。この太陽からの受熱量の異なることによって大気の大循環、すなわち、極風・偏西風・ジェット気流・亜熱帯高圧部や海洋と大気との熱交換等、大気中の地学的現象は全て太陽のエネルギーによって起こることを認識させる。さらに次回では大気の大循環をエネルギーの流れをもとに総合的に考察させ、エネルギーの流れで極風、ジェット気流等の各事象の原因を把握させ、エネルギー概念を認識させる。

またOHPやプリントなどによって与えられた資料の見方を考察させ、質問や話し合いによって資料に基づく推論の能力を養うように配慮したい。

### IV 結果およびその検討

この展開例を44、45年度の両年に、質問形式によって実施し、46年度には生徒の理解の程度を正確に把握するため、プリントに解答欄を設けて記入させた。その結果は以下の通りである。

問1 に対しては質問形式にすると、最初1、2分は図が読みとれなくて、ざわざわ、がやがやと惑っているが、3～4分で約7割の生徒が理解する。5分以上で全体の85%の生徒が色をぬり始め、他の15%の生徒にヒントを与えると全員図を読みとることが可能となる。またプリントを集めて集計すると、ヒントなしに84%の生徒が理解している。

問2は質問と同時に、プリントの日の出、日の入曲線が太くて正確に判断できないと逆に質問され、8割以上の生徒が正確に答えた。解答集計の結果では、11月21日から1月21日と答えた生徒が最も多くて55%、その他11月21日から22日、または23日、24日、25日と答えたものが各々8%、7%、7%、5%。正確は83%であった。その他は11月21日より3月15日、または12月21日から1月21日などのように図を読み間違えたり、または昼と夜を全く感違いしたりしたものである。また、未解答者は2%である。

問3は問2と同様に、約8割の生徒が正解している。しかし、問2の太陽の没しない最終日

に解答が分散したのとは逆に、太陽が現われない最初の日が5月23日の30%を最多として、24日の20%、25日の12%、22日の8%、21日の5%と分散し、日の出、日の入曲線が各月日を現わした線上にこないために、解答が分散している。しかし、太陽が現われない最終日は日の出、日の入曲線が線上なので、7月21日とほぼ一致している。また、問3は問2に比較して、未解答者も4%と増加するとともに、誤答も21%と多くなっている。これは、図の中央でグラフを読まなければならないためと思われる。

問4は、まず上陸地点という字を見て、そこはどこだろうといった関心を示し、次に太陽の出没の状態や、白夜などから、全員、この地点が高緯度であることに気付く。しかし、南緯70°と答える生徒は約8割で、その理由を正しく答えられるものは43%である。生徒に話し合いをさせると、「冬の太陽は南半球に……。」、「南極での太陽の最大高度は24°」、「太陽の最大高度が12月20日頃で、高度40~50°であるから……」などの理由が話題となる。話し合いの結果、ほとんどの生徒は、その地点が南緯70°である理由が理解できるようである。

次に第15図を参考にした問5では、問題なく、最暖月は1月、最寒月は9月であるとの正解者は9割で、1~2分で解答している。しかし、最暖月12月、最寒月7月または8月と答えるものが約1割程いる。

問6は第14図と第15図の両方の、相互関係を読みとることと、太陽のエネルギーと気温との関係、とくに受熱量と放熱量が気温にどのように影響するかを考えさせることを目的としたのであるが、両者に関係があると考えた生徒は98%である。大部分の生徒は日照時間が長くなれば、日較差も大きくなり、日照時間が短くなれば、日較差も小さくなる、と簡単に読みとっている。しかし、解答結果によると、9%の生徒は日照時間が1日の半分の時、日較差が最大になると答え、また、11%の生徒は日照時間が最大に増加する時や日照時間が最大から減少する時に日較差が最大になると正確に図を読み、

その理由も、受熱のみ、または放熱だけでは日較差は小さく、受熱量と放熱量によって気温が定まることを理解している。

問7は、関係なしと答えた9%の生徒以外は日照時間と気温の関係を認めている。問6と同様に、約1割の生徒は単に日照時間が長くなれば気温が高くなる、といった単純な関係ではなく、気温の最高は日照時間の最大の時より1ヶ月~2ヶ月おくらせて気温が最高になることをとらえ、その理由を比熱・熱容量・受熱量・放熱量などの言葉で説明している。

問8は94%の生徒が、太陽が地上に出なくて受熱量が0、放熱量のみが高くなるので、他の気象現象で一日の最高・最低気温が決まり、ほぼ気温が一定になることを理由にあげている。

問9では、気温と太陽との関係を考察させる。太陽が赤道でも、極でも地平線に出ていた時間はほぼ同じである。そこで、緯度によって太陽からの受熱量が異なる理由は、日照時間ではなくて、太陽光線と地表面とのなす角度であることを認識させる目的で設問すると、90%が太陽の高度との関係に気付き、その中の87%が高度が最大になった時、と正確に答えている。しかし、約10%が未解答である。

問10は次の問11とともに事象を式で表現する能力をつける目的で設問したが、正解36%で、未解答が49%であり、ヒントを与えても60%の生徒が理解したにとどまった。

しかし、問11は49%の生徒が正解。ヒントを与えると、約80%の生徒が式を求められる。以上式の表現は図によってヒントを与えると、理解を助けることが考えられる。

ここまでの質問形式で、約50分。これを大循環の第1次限目に行ない、さらに質問12は大気の大循環の第2次限目の導入として用いたらより効果的であると思われる。質問12の前に、第16図によって受熱量・放熱量の曲線が低緯度ではプラス、高緯度ではマイナスであることを確認させ、この状態が続けば、どのような状態になるかを質問し、話し合いさせる。低緯度では年々エネルギーが蓄積されて、気温は上昇。他

方、高緯度では年々エネルギーが放出され、気温が減少することになる。しかし、実際にはそのようなことはないことを話し、その理由として、問12を質問するのが良い。問12の解答結果は解答なし13%の他、1人で2項目以上記した生徒も多く、風や対流、空気の大循環79%、海流47%、水蒸気の中に包まれていること11%、地面や地球内部4%などによって高緯度にエネルギーが移動する、と考えている。

以上のように、できるだけエネルギー概念を統一的に認識させるために、やや必要以上と思われる時間を、大気の大循環の導入に使ったが、偏西風・極風・ジェット気流・熱帯性低気

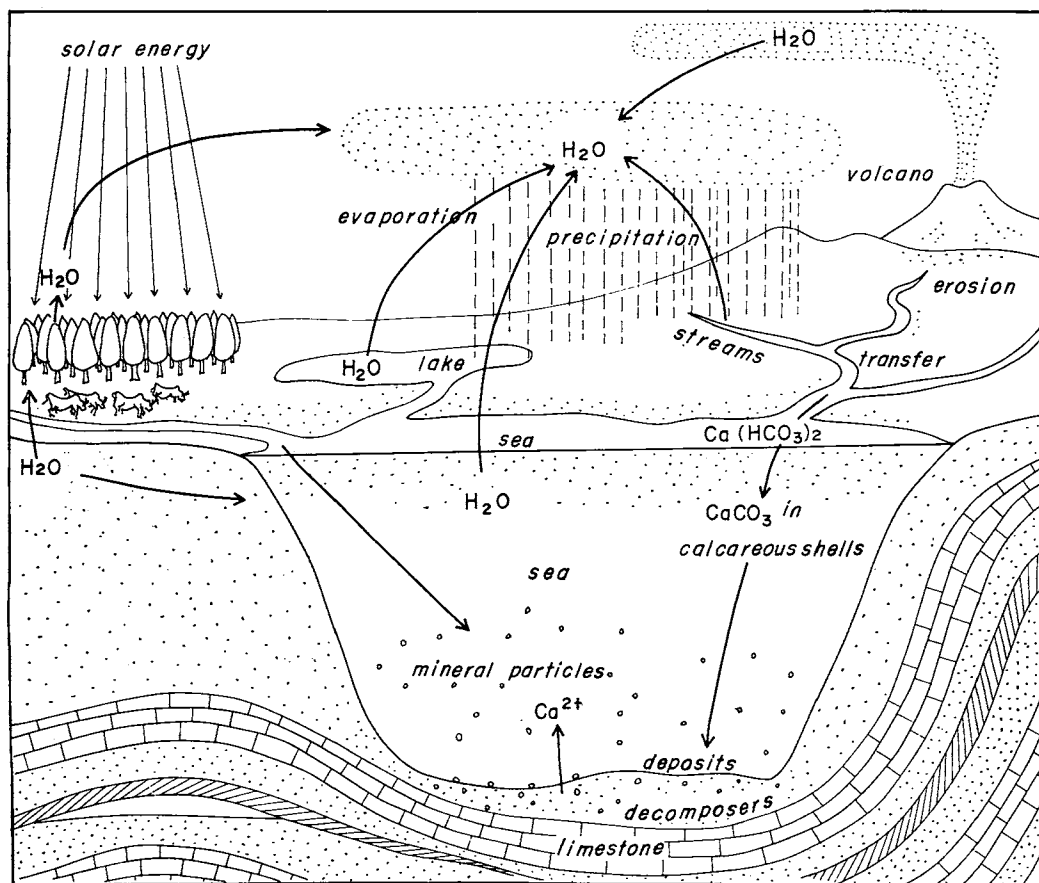
圧など種々の気象現象の原因を理解するのに非常に役立っている、と思われる。また、大循環をエネルギーの移動として総合的に考察させると理解が深まり、かつ容易に大循環を理解している、と思われる。

### C: 水の循環—風化、浸食、運搬、堆積について

#### I 指導のねらい

水の循環の仕組みをできるだけ定量的にとらえさせ、そのような扱い方に興味を持たせ、そのエネルギーの巨大性を知らせると共に、エネルギーの移り変わりをある程度細かく理解させる。

第17a図 水の大循環を示す図



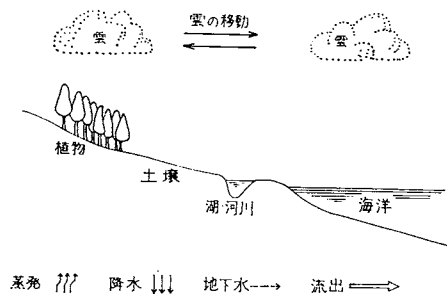
## II 展 開 例

(1) まず導入の過程で次の2点を理解させるために問題1を与える。

- ㉑ 地球上の水の総量は変化しない。  
 ㉒ 地球上の水は海水、陸水、大気中の水分の3つの過程による連絡があって、絶えず循環している。

質問1 水は海洋、大気、地上（植物、湖河川、土壌）、地中の間をどのように循環したかを与えられた記号を使って第17b図に示せ。

第17b図 水の大循環を画く図



(2) 中学校ではすべて定性的にしか扱っていないので、定量的な扱い方になれさせるために、流水のもつエネルギーの巨大性を理解させるために、質問2、質問3を解かせる。

質問2 次の資料を用いて川から海への一年間の水の流出量(→)を概算せよ。

地球全体の一年間の降水量	750mm
海での年間蒸発量	840mm
陸での年間蒸発量	500mm
地球の表面積	$51 \times 10^{18} \text{ m}^2$
海と陸の比	71 : 29

- ① 全体の年間降水量は何 $\text{m}^3$ か  
 ② 海と陸の蒸発量はそれぞれ何 $\text{m}^3$ か。  
 ③ 陸で余った水がすべて海へ流れこむとして、年間流出量を求めよ。  
 ④ 海での水の年間不足量が③で求めた値と大体一致することを確認よ。  
 ⑤ これらのことからどんなことが云えるか。

質問3 陸地の平均の高さを800mとして、質問2の③で求めた水の持つエネルギーを考え

て見よう。

- ① これらの水が一年間に0mの高さまで落下するとして、この流水のエネルギーを

$$Q = \frac{1}{4.2} mgh \text{ の式から計算してみよ。}$$

- ② これらの巨大なエネルギーは何に使われるのだろうか。

- ③ これらのエネルギー源は何だろうか。

(3) 地表を流れる水はいろいろな作用をもたらしているが、定量的にそれらの現象の1つ(物質の運搬)を質問4、質問5を与えて生徒に考えさせてみる。

質問4 流水の速度はどんな条件によって定まるか。

川の傾斜に関係するという意見がでてきたら、それについての実験の方法、装置を話し合い、実験1へ導入する。

〔実験1〕 流水量を一定にしておいて、雨どいの傾斜と、流水の速度の関係をコルク栓を流して、その移動距離と時間から速度を求めて表を完成せよ。

第2表 流量測定の実験 (1)

傾 斜	2°	4°	6°	8°	10°
高 さ cm	7	14	21	28	35
速 度 cm/sec					

準備 ストップウォッチ 流量測定給水装置(科学の実験・共立出版1969)

塩化ビニール雨どい(約2m板に固定)コルク栓のかけら、種々の大きさの砂・レキ、各種フルイ

質問3に対して、流水量に関係するのではないかという意見が出てきたら、それについて実験1の場合と同じように話し合い、実験2へ導入する。

〔実験2〕 流量測定装置の落差を変化させることによって、一秒間の平均流水量をあらかじめ測定せよ。次に雨どいの傾斜を一定にしておいて流水量を変化させ、実験1と同じ方法で流水の速度を求めよ。

第3表 流量測定の実験 (2)

流量測定給水 装置の落差cm	1	2	4	6	8	10	15	20
1秒間の平均 流量 $\text{cm}^3/\text{sec}$								
流水の速度 $\text{cm}/\text{sec}$								

質問5 レキ, 砂, 泥を雨どいにのせ, 水を流すと一番先に何が流れ出すと思うか。

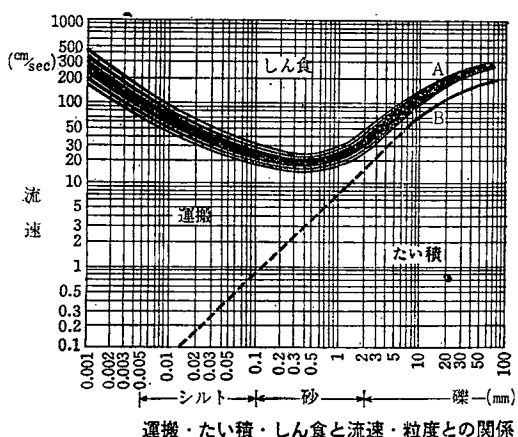
〔実験3〕 質問5の現象をまず定性的に観察して見よ。

実験3で砂が一番先に動き出すことを確かめさせ, ついでこれを定量的に行なうにはどうすればよいかを話し合わせる。

〔実験4〕 種々のレキ, 砂・泥を別々に雨どいへ順に入れて, 水を流し, 傾斜を変化させてそれが流れ出すときの流水の速度をそれぞれについて求めよ。またグラフであらわす工夫をして見よ。

データーを正確に数多く得ることが困難なので, あらかじめ第18図を用意しておく。

第18図 流速と粒度との関係図



質問6 何故砂より泥が流れにくいのだろうか。

粒子間の引力にさからう力の必要を考えさせ, さらに水の分子と分子の間に働く作用に関係して, 消費されるエネルギー (熱エネルギーなど) の存在へと推理を進めさせる。

### III 結果およびその検討

導入の過程でいきなり図を示したのでは循環の概念や, エネルギーの移り変わりをこちらか

ら示すことになると思います, 実際の授業のときは次のように質問していった。

(頻度)は正解率 問答のあとで無記名で用紙に○×で考えついたかどうかを答えさせた。

(1) 流水にはどのような働きがあるか。

①運搬 (83%) ②浸食 (76%)

③堆積 (65%) ④その他発電など (52%)

流水という言葉から運搬, 浸食, 堆積の順で連想されているのは当然。地学の時間の質問のせい, 発電などの直接地学に関連のないものはあまり思い出されていない。

(2) これらの現象のエネルギー源を考えて見よ。

流水が重力の働きで生ずることは大部分の生徒が気づいたが, これらの現象が永続的に行なわれていることから, 太陽の影響まで考えつく生徒は少なかった。これはやはり自然現象をエネルギーの立場でとらえる習慣が身についていないからではないか, と考えられる。

①重力 (80%) ②太陽 (28%)

次に重力と太陽がエネルギー源であるという結果だけを示して, 次の質問を与えて見た。

(3) (2)の関係を具体的に説明せよ。

これはテスト形式でわらばん紙に答を書かせ, その後, 問答の上提出させた。その結果, 〔重力〕……位置エネルギーを仕事に変える 〔太陽〕……位置エネルギーの回復 という立場でとらえた内容の答えが

①重力 (67%) ②太陽 (43%) 見られた。

重力については, (80%→67%) のように関係のあることは思いついても, 位置エネルギーと仕事といったとらえ方に気のつかない生徒が見られ, 太陽については (28%→43%) のように1つヒントが与えられると, 太陽エネルギーによる水の循環に気づく生徒が若干見られ, ますますエネルギーの循環という立場でのものの考察を身につける必要を痛感する。

(3)の質問結果を問答形式でまとめた上で, 水の循環について考えることにした。

水がAからBへ, BからCへと循環するとして, A, B, Cに相当するものを「循環の要素」

と呼ぶことにし、AからBへの移り方を「循環の方法」と呼ぶことにして、わらばん紙に列記させた上で、循環の様子について回答した。

(4) 水の循環の要素を上げよ。

- ①海 (89%) ②雲 (91%) ③地面 (陸地) (91%) ④湖河川 (72%) ⑤極物 (22%)

(5) 水の循環の方法を上げよ。

- ①降水 (98%) ②蒸発 (89%)  
③流水 (69%) ④雲の移動 (54%)  
⑤地下水 (35%)

〔空〕の循環の骨組みは殆んどの生徒は気づいたようだ (83%) が、細かい点まで配慮した循環図はなかなか作れないようである。

以上の問答の結果、水の循環を一応生徒は理解したとして、次に下記のデータを与え、出来るだけ多くの問題を作らせ、その中に循環の考え方を取り入れた問題をどれだけの生徒が作るかを調べることにし、水の循環の理解度を確かめて見ることにした。

(6)	地球全体の一年間の降水量	750mm
	海での年間蒸発量	840mm
	陸での年間蒸発量	500mm
	地球の表面積	$51 \times 10^{18} \text{m}^2$
	海と陸の比	71 : 29

水の循環の様子を研究した次のようなデータがある。これを利用した問題をたくさん作れ。

で、その中の主なものを上げて見ると

- ①海と陸のそれぞれの面積を求めよ。(80%)  
②海及び陸の蒸発量を求めよ。(63%)  
③海及び陸の降水量を求めよ。(64%)  
④海または陸での降水量と蒸発量の差を求めよ。(8%)  
⑤流水量に気づいた問題を考えた生徒(7%)  
⑥別に仮定を示し、問題をつくった生徒(8%)

以上のことから「水の循環の様子を研究し…」とことわって問題を作らせたのに、水の循環を考えた問題があまり作られなかったのは、その

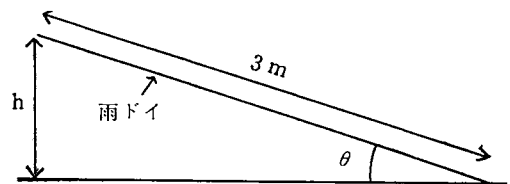
理解不足なのか、データーの与え方がまづかったのかはよくわからない。“データーをm”で与えればよかったかも知れない。

しかし、十分な理解がこれだけの問答だけでは得られない生徒が多いことは事実だろう。

次に定量的考察の一実験として「一定水量を流したときの傾斜と流速の関係」を行なって見た。データーは別紙。

最初は水が蛇行状態になり、実験がうまくいかなかったが、これは水を雨どいに流すとき、答を中心に置かなかったためと判断される。意外と簡単なことに気づかず、苦勞した。得られたデーターを見ると、もちろん実験の方法にも問題があると思うが、一定関係のデーターが得られないので、さらに工夫しないと定量的形で実験を発展させることは困難な現況である。

一定水量を流したときの傾斜と流速の関係



第4表 流速と傾斜との関係

高さ h	角度 θ	コルク		紙		備考
		時間	速さ	時間	速さ	
cm		* sec	cm/sec	sec	cm/sec	
10	0°54'	5.58	53.8	4.92	60.9	
15	2°52'	5.49	54.6	** 4.78	62.7	
20	3°49'	5.36	55.9	4.30	69.7	
25	4°46'	4.94	60.7	4.06	73.9	
30	5°43'	(5.32)		4.04	74.2	コルクが途中でひっかかる
35	6°41'			3.60	83.3	
40	3°36'			3.41	88.0	
45	8°31'			3.24	92.6	
50	9°29'			3.02	99.3	
55	10°22'			(3.06)		

\*  $(5.6 + 5.4 + 5.7 + 5.7 + 5.5) \div 5 = 5.58$

\*\*  $(4.6 + 4.7 + 4.8 + 5.0 + 4.8) \div 5 = 4.78$

水を雨どいに流すときゴム管をうまく置かな

いと水路が蛇行状態となり、実験がうまくいかない。

## D：地殻の変動—造山運動とエネルギー

### I 指導のねらい

この教材の学習にあたっては、今までの既習事項（しゅう曲・断層・不整合など）が、比較的身近な小地域の地学的事象であったのに対して、非常に規模も広大となり、エネルギー概念も抽象的な理論および学説が多い。そこで、この指導には、できるだけねらいを明らかにし、

内容を精選して十分に時間をかける必要がある。すなわち、マントル対流の考え方を取り入れて、しゅう曲山脈と造山運動を理解させる。

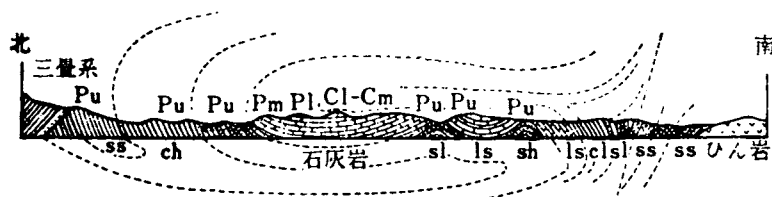
### II 展開の例

#### 1 しゅう曲と造山運動

- (1) 家庭学習として第19図秋吉台の地質断面をプリントで与え、
  - (ア) 各地層を色分けする。
  - (イ) 秋吉台の地質を、化石・地質構造などから調べさせる。

第19図 山口県秋吉台の帰り水ドリーネのフズリナ化石による地質構造図（秋吉台科学博物館、'65）

Pu, Pm, Pl, Cl, Cm：化石帯, ss：砂岩, sl：粘板岩, sh：頁岩, ls：石灰岩



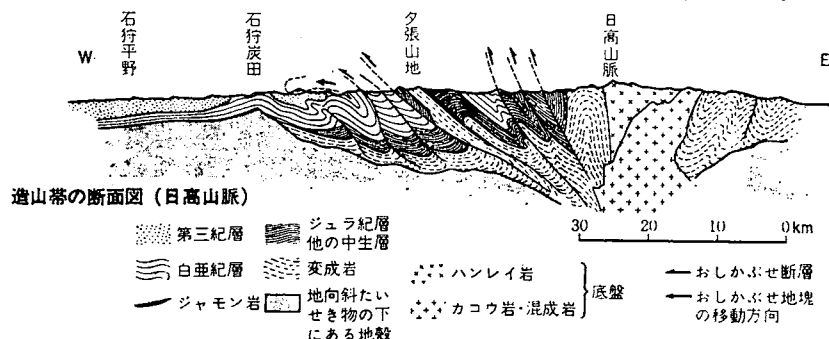
- (2) 第19図に示した秋吉台の地質断面をOH Pで示し、

(ア) 二疊紀の初期のフズリナが最上部にあって、次第にドリーネの底へいくにつれて、二疊紀中期のフズリナ化石が産出することから、この石灰岩が逆転している理由を考える。

(イ) 石灰岩が逆転していることから、堆積した当時の水平な状態の地層との関係を考え、横がしゅう曲の可能性を推定する。

(ウ) 日本における古生代末ごろの造山運動についてふれ、その力（エネルギー）について話し合う。

第20図 造山帯の断面の一例



〔註〕図の左方（北）に、横がしゅう曲をした二疊後期の地層を傾斜不整合におおう三疊紀後期の地層がある。この傾斜不整合は、秋吉台の古生層が三疊紀後期の地層がたい積する前に、大きな造山運動を受けたことを示している。これが日本における古生代末ごろの造山運動が秋吉造山運動とよばれている理由である。

以上の結果は、フズリナ化石から確かめられたものであるが、秋吉台全体の構造については異なった考え方も発表されている。

- (3) 第20図に示した造山帯の断面図（日高山脈）を、OHPで示し、

(ア) 造山帯の構造の特色を確認する。

(イ) 造山帯ができる地学的条件を考察する。

(ウ) この事象が、どんな順番で行なわれるか、発達史を組立てる。



〔指導〕地層の中には、数kmにも達する厚い地層が、不整合を認めることなく、同じ地域にたい積しているものがある。このような海域は、長い間沈降を続けていた地域で、地向斜とよばれている。地向斜の海は、ふつう幅にくらべて長さははるかに大きな、細長い形をしている。

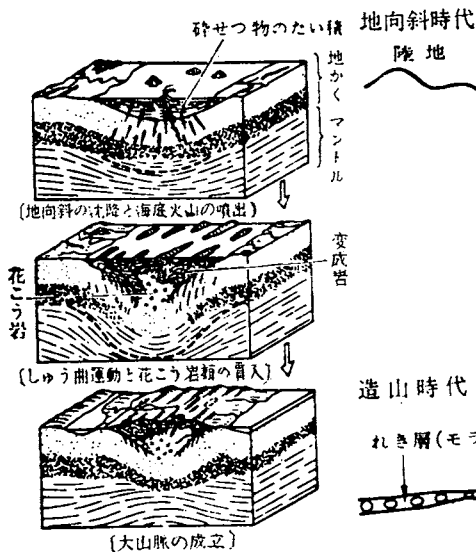
沈降を続ける地向斜の堆積物には、しばしば薄い砂岩層と泥岩層の互層を調律的にくりかえす厚い地層がみられる。

地向斜の海で、沈降が極端に進むと、堆積物

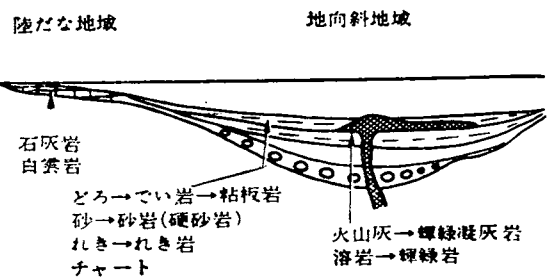
の底は数km以上も深く、地殻の中につっこむため、熱や圧力がはたらいて、底の部分の岩石の性質が変わることが多い。また、堆積物の底がとけて、マグマが形成され、このマグマが地向斜の堆積物のなかに貫入する。そのため、地向斜の中の堆積物は、はげしくかき乱されながら隆起して、しゅう曲山脈を形成する。

〔参考〕これらの事象を説明するために、第21図造山帯の形成、第22図地向斜時代、第23図造山時代を使って理解させる。

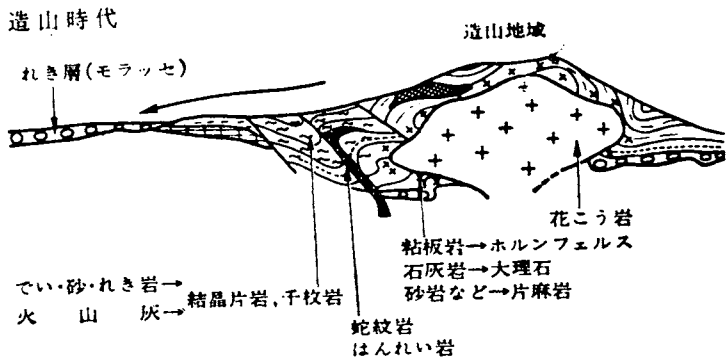
第21図 地向斜から造山帯の形成を示す図



第22図 地向斜時代の図



第23図 造山時代の図



〔留意点〕従来の単なる地向斜の説明ではなく、地殻の深部で変成作用がきわめて広い範囲におこっており、しかも、変成作用の温度が高い値で、たくさんのカコウ岩を形成していることから、地殻の一部が上昇して地形的に山脈になったり、地表に近いところに、しゅう曲や断層ができるのにくらべて、ずっと大きなエネルギー変化をともなう現象であることに重点をおいて理解させる。すなわち、造山運動のなかで

最も重要なのは、変成作用やカコウ岩の形成であって、断層運動や地形的な山ができることは、それに付随した現象にすぎない。

(4) 造山運動の原因について、いろいろ考え、討論してみる。

(ア) 隆起火口説

マグマが地下から上昇貫入するときに、上にある地層をおし分けて傾かせながらしゅう曲させた。

## (イ) 収縮説

地球は、はじめ高温の火球であって、それが冷却するにつれて収縮する。その時、すでに固まっている地殻は、それに応じて収縮することができないため、地殻の内部に水平方向の横圧力がはたらく。そのため、地殻の一部がたわんで地向斜ができたり、その中に堆積した地層がしゅう曲したりする。

## (ウ) 大陸漂移説

大陸が漂移するために、その前縁に圧力がはたらいて、しゅう曲山脈ができる。

## (エ) 対流説

地殻の下部の物質（マントル）には、ゆっくりした対流があるため、地殻が下方に引きずりこまれる部分ができ、そこに地向斜や造山帯が生ずる。

## (オ) 分層説

地球は、最初宇宙塵のような低温の物質が集ってつくられたが、その後、温度が高くなるにつれて、重い物質が中心に集り、軽い物質は表層に移動したために、同心円状の層状構造ができた。このような分層に続いて、ある時期に対流を生ずる。

〔留意点〕造山運動の原因については、現在でもいくつかの説が対立していて定まらないが、その原因が、地殻の下か、またはさらに深

いところにあるらしいという点では意見は一致している。討論が充分に行なわれない時には、各説を教えて、自然界には、まだ解決されていない問題の多いことを理解させる。

第24図 隆起火口説  
(上図)と対流説(中図・下図)



## E: マグマの活動

## I 指導のねらい

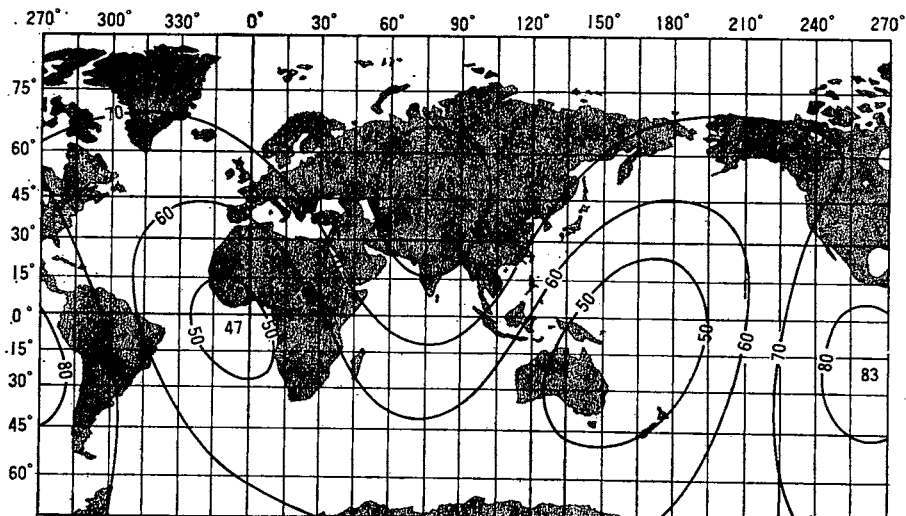
日本付近における、地球の内部エネルギーによって生ずる地学現象が互いにどのように関連しているかを調べ、その原因を考えてみる。

## II 展開例

(A) スライドで、火山・温泉・地震等を示す。

質問1 これらはどのようなことが原因と考

第25図 地球の熱流量(単位  $\text{erg}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ ) (秀文堂「地学図説より」)



えられる現象か。（地球内部の熱エネルギーや歪が発散・解消されることに伴う現象であることに気付けばよい。）

質問2 地球の内部エネルギーはどのようなことに利用されているか。（温泉・ビニールハウス・住居などの保温・暖房・農産物の加温・乾燥、地熱発電等に気付かせる。）

(B) 熱流量について説明する。

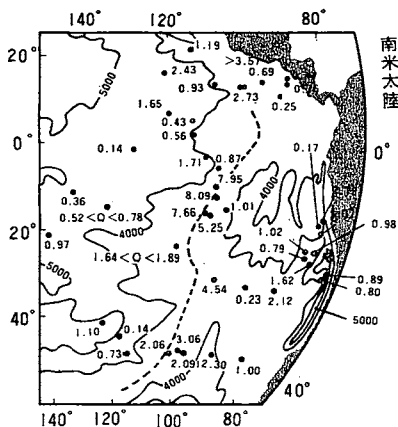
(C) OHPにより第25図を示す。

質問3 熱流量の多いところ、少ないところは各々どこか。

質問4 大陸部で熱流量の多い理由を第5表を見て考えよ。（大陸地殻と大洋地殻との違いにより説明させる。）

(D) OHPにより第26図を示す。

第26図 東南太平洋の地殻熱流量  
(秀文堂より)



数値は  $10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sec}$  単位の熱流量。  
等深線はm単位。

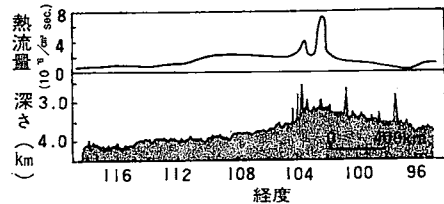
第5表 岩石の放射性元素含有量および発熱量（指導と研究〔清水書院〕より）

	含有量 (g/g)			発熱量 ( $\text{cal/g} \cdot \text{sec} \times 10^{-16}$ )				総発熱量 $\text{cal/cm}^3 \text{年} \times 10^{-5}$
	U $10^{-6}$	Th $10^{-6}$	K <sup>40</sup> $10^{-6}$	U	Th	K	総計	
花こう岩類	4	13	4.1	940	820	300	2100	1.74
玄武岩類	0.6	2	15	140	130	110	380	0.35
超塩基性岩類	0.001	?	0.001	0.2	?	0.1	0.3	0.00032

質問5 熱流量の多いのはどこか。（多い地点が1本の帯のようにあらわれ、第25図でも熱流量の多いところである。）

(E) OHPにより第26図にあわせて27図を示す。

第27図 東太平洋の海底山脈と熱流量  
(秀文堂「地学図説」より)



質問6 海底地形と発熱量の間に、どのような関係があるか。（海底山脈部分に特に熱流量の多い部分があることがわかればよく、その原因についてまで考察をとめる必要はない。）

(F) 第6表を示し、大陸と大洋とでは平均的には熱流量に大差がないことを説明する。（大陸と大洋との熱源には違いのあることは、しっかりさせておく。）

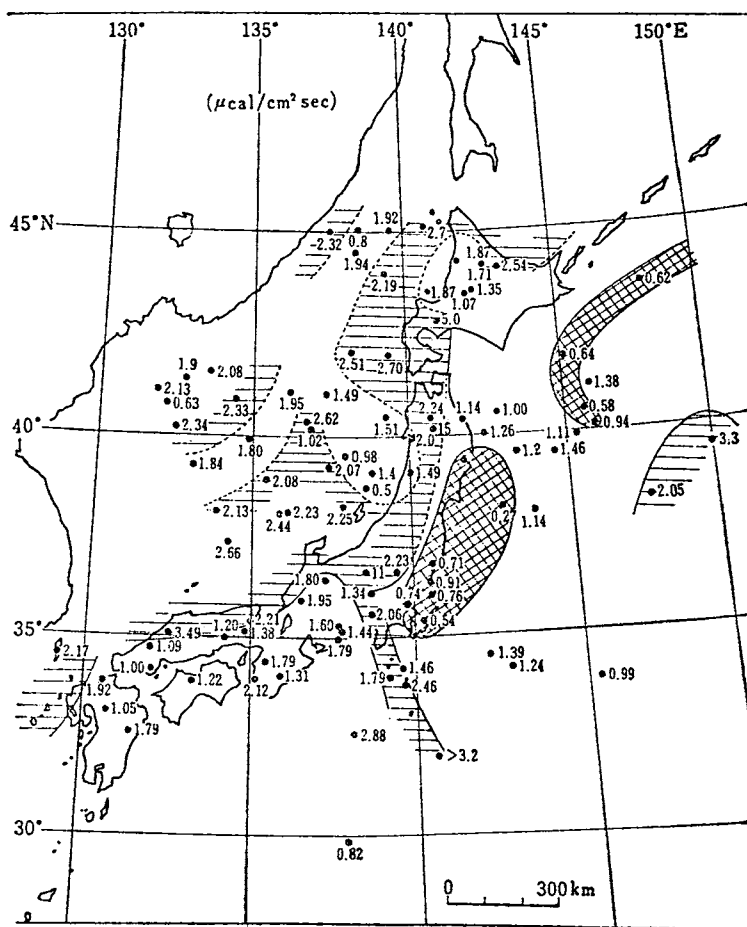
第6表 地球上における発熱量

大陸地域の平均	$141 \times 10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sec}$
海洋地域の平均	142      "
全 平 均	142      "

(G) OHPおよびプリントで第28図を示す。

質問7 日本付近で熱流量の多い地域および少ない地域は各々どこか。(平均してみると、東北日本日本海側は、 $226 \times 10^{-6}$ 、西南日本は  $120 \times 10^{-6}$ 、東北日本太平洋側は  $0.65 \times 10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sec}$ である。)

第28図 日本付近の熱流量 (Yasui ら, 1965より)



(H) OHPおよびプリントで第29図を示す。

質問8 火山帯と熱流量の間に関係があるか。

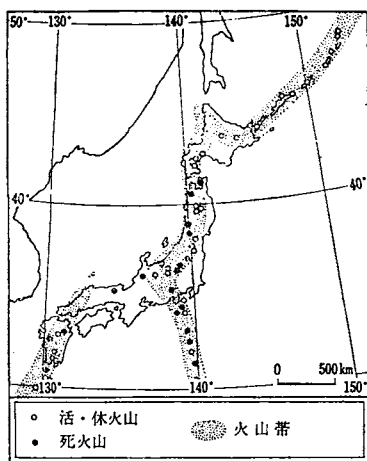
(OHP用の第29図は第28図に重ねられるように作成しておく。熱流量の多い地域と第四紀の火山帯とは、うまく調和している。このことから、火山活動をおこすマグマの発生地が、ある地域に存続していることがわかる。)

(I) OHPおよびプリントで第30図を示す。

質問9 特に地震の多い地域は熱流量のどのような部分になるか。(OHP用の第30図は第28図に重ねられるように作成しておく。特に東北日本太平洋側について考える。)

質問10 火山帯と地震帯がずれていることからどのようなことが考えられるか。(内部エネルギーの発散のしかたの違いに気付けばよい。)

第29図 日本の火山帯  
(清水書院「指導と研究」より)



(J) OHPおよびプリントで第31図を示す。

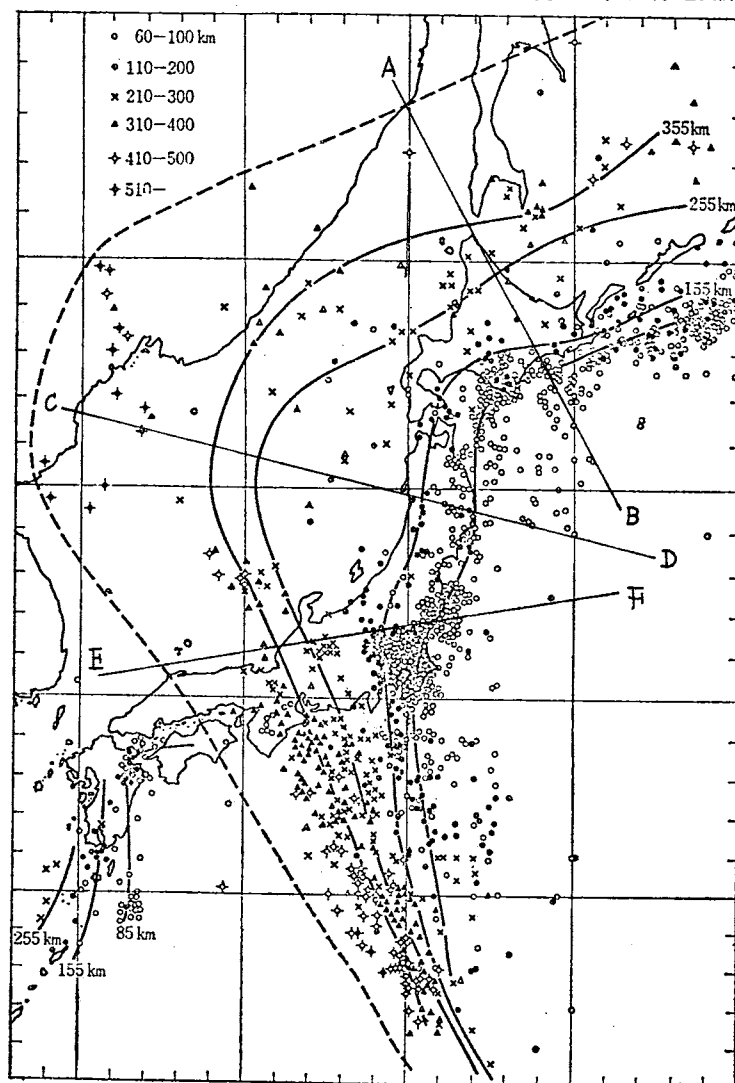
質問11 日本付近の地震の震源の深度にはどのような傾向があるか。

(作業) 第31図に示したA—B, C—D, E—Fのうち1つについての断面における震源の傾斜角を求めよ。(地震は地球内部にたくわえられたエネルギーが瞬間的に放出される現象で、震源は力学的に不つり合いの状態のところといえる。このような状態のところは、深く、マントル内にある角度をもった面としてつらなっていることに注意させる。)

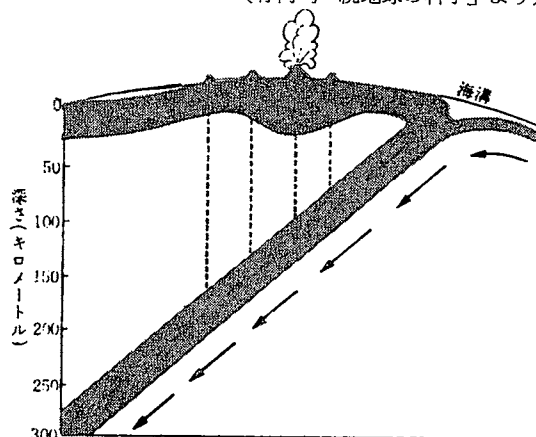
第30図 顕著地震の分布(坪井忠二「地球の構成」より)



第31図 日本付近の深発・中深発地震の震央とその深度 (気象庁地震課, '58・'59より)



第32図 東北日本の横断面図 (竹内均「続地球の科学」より)



(K) OHPにより第32図を示し、日本付近におけるマントル対流説について簡単にふれる。

(L) まとめとして、昭和45年度金沢大学入試問題1をさせる。

「マグマの活動」に関して、石川県立泉ヶ丘高校の理数科(一年)の生徒に、前述の質問を試みた。方法は、すべての図・表をOHPで示し、質問はプリントで渡しておく。所要時間は2時限(50分×2)である。

(A)質問1

- マントル対流の結果生ずる地球内部の不均衡の解消……………57%

- マグマが発生し、それが火山となり、マグマの移動が地震となる……30%
- その他……………13%

## 質問 2

- 発電・温泉・温室・暖房・鉱物資源の生成

## (C)質問 3

(図から、生徒の 100 %が読みとっている)

## 質問 4

- 大陸部では地殻上層部（花崗岩）が厚いため……………78%
- 大陸部では地殻上層部も下層部も厚いため……………14%
- その他……………8%

## (D)質問 5

- 海底でもりあがっている所…84%\*
- 深さ3000～4000mの所……………8%
- 海底の山と谷の間の所……………5%
- 海溝……………3%

(\*この頻度のうち海底山脈とした者  
50%)

## (E)質問 6

- 海底の浅い所……………84%
- 地形的に複雑な所……………5%
- 海底の深い所……………8%
- その他……………3%

## (G)質問 7

- 多い所：日本海とか北海道の西側とかの言葉も使われるが、東北地方西側であるということはすべての生徒がおさえている。また、ここですでに火山帯と結びつけている者もかなりある。
- 少ない所：四国・九州あるいは北海道の東南などとともに、東北日本の太平洋側はすべての者がおさえている。

## (H)質問 8

100%の者はほぼ一致しているとみている。ただ、フォッサ・マグナ以南では、あまり一致していないと注意している者も20%余いた。

## (I)質問 9

- 熱流量の少ない部分……………90%
- 熱流量の多い所と少ない所との間の部分……………8%
- 特に関係はない……………2%

## 質問10

- 内部エネルギーの発散のしかたの違い……………11%
- 地震帯はマンテル対流の下降部で、火山帯はその上昇部……………13%
- 理由はつけていないが、両者は直接関係ない……………11%
- 重力の違いか……………5%
- 地殻の違いか……………5%
- その他……………55%

## (J)質問11

- A—B： 30°～40°……………86%
- C—D： 20°～30°……………77%
- E—F： 25°～35°……………75%

## 結 言

従来、地学におけるエネルギー概念を指導するための、一連のすじ立てのもと、有機的な関連性をもたせて、統一的に講義・実験・演習を試みた例・参考文献は極めて少ない。

この論文で集録した内容のものは、上述のような流れの一部分の試案である。そして、この試案のもとに、各高等学校で、実際に講義をやり、その結果と結果の分析の要点を記述した。しかし、過去2ケ年間の研究成果にすぎないために、今後さらに討議を重ね、より有効適切な試案をあみだし、高等学校の地学教育の進展のために寄与したい。

## 参 考 文 献

- 日本教育大学協会 (1960)：理科教材研究，東洋館，139. p.
- 文部省 (1968)：中学校新しい理科教育，東京書籍，125. p.
- 日本教職員組合編 (1969)：私達の教育課程研究理科教育，一ツ橋書房，222. p.
- 永田義夫 (1967)：理科の構造のとらえかた，啓林館 113. p.

神力甚一郎(1970):教科教育の課題と方法,金沢大学教育学部教科教育研究, No. 3, p. 1~12.

水越敏行(1970):創造性の教育と発見学習,金沢大学教育学部教科教育研究, No. 3, p. 13~22.

理科教育研究班(1971):理科教材の構造化について  
金沢大学教育学部教科教育研究, No. 4,  
p. 47~62

真船和夫(1962):理科教授論,明治図書, 234. p.

文部省(1969):小学校指導書理科編,東京書籍,  
142. p.